

SISTEM BOILER DENGAN SIMULASI PEMODELAN PID

Wisnu Broto^{*)}, Ane Prasetyowati R.^{**)}

Prodi Elektro Fakultas Teknik Univ. Pancasila, Srengseng Sawah Jagakarsa, Jakarta, 12640

Email: ^{*)} wisnu.agni@gmail.com ; ^{**)} ane_prast@yahoo.com

Abstrak

Boiler atau ketel uap adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengubah air dari fasa cairnya menjadi air fasa gas (steam) dengan menggunakan bahan bakar. Pengendali pada boiler berfungsi untuk mengendalikan Volume air (986.42 ft³), Tekanan Uap (1336 psi), dan Temperatur Uap (950 °F) pada boiler sesuai dengan setting point = 1. Jika tidak sesuai dengan Volume Air, Tekanan Uap, Temperatur yang dikehendaki (*set point*) sensor pada boiler akan memberi sinyal pada pengendali boiler. Secara otomatis boiler akan membuka dan mengalirkan air serta menaikkan kalor hasil pembakaran bahan bakar pada tangki untuk proses kembali.

Sedangkan untuk pemodelan *Propositional Integral Diferensial* (PID) digunakanlah metode *Zigler-Nichols*, karena dari hasil simulasi dapat dibuktikan bahwa untuk Volume Air pemodelan dengan metode *Zigler-Nichols* didapatkan $Rise\ Time_{Vol} = 1,32 \cdot 10^{-3}$ sec dan $Settling\ Time_{Vol} = 1,76$ sec lebih cepat dibanding dengan metode *Quarter Decay-Ratio* dengan $Rise\ Time_{Vol} = 1,32 \cdot 10^{-2}$ sec dan $Settling\ Time_{Vol} = 3,13$ sec. Untuk Tekanan pemodelan dengan metode *Zigler-Nichols* didapatkan $Rise\ Time_{Tek} = 0$ sec dan $Settling\ Time_{Tek} = 1,52$ sec lebih cepat dibanding dengan metode *Quarter Decay-Ratio* dengan $Rise\ Time_{Tek} = 0,144$ sec dan $Settling\ Time_{Tek} = 2,91$ sec. Dan untuk Temperatur pemodelan dengan metode *Zigler-Nichols* didapatkan $Rise\ Time_{Tem} = 2,85 \cdot 10^{-6}$ sec dan $Settling\ Time_{Tem} = 1,53$ sec lebih cepat dibanding dengan metode *Quarter Decay-Ratio* dengan $Rise\ Time_{Tem} = 2,14 \cdot 10^3$ sec dan $Settling\ Time_{Tem} = 3,13$ sec.

Kata kunci : Boiler, metode *Zigler Nichols*, metode *Quarter Decay-Ratio*, PID

1. Pendahuluan

Boiler atau ketel uap adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengubah air dari fasa cairnya menjadi air fasa gas (steam) dengan menggunakan pembakaran bahan bakar (minyak bumi, batubara, gas alam, dll). pengendali PID pada boiler berfungsi untuk mengendalikan volume air, tekanan uap dan temperatur uap pada Boiler sesuai dengan *setting point* yang dikehendaki. Jika tidak sesuai dengan volume air, tekanan dan temperature yang dikehendaki (*set point*) sensor pada Boiler akan memberi sinyal pada pengendali Boiler. Secara otomatis Boiler akan membuka dan mengalirkan air serta menaikkan kalor hasil pembakaran bahan bakar pada tangki untuk proses kembali.

Untuk analisa dari sistem Boiler yang dibahas disini dilakukan beberapa pembatasan masalah terhadap rancangannya yaitu :

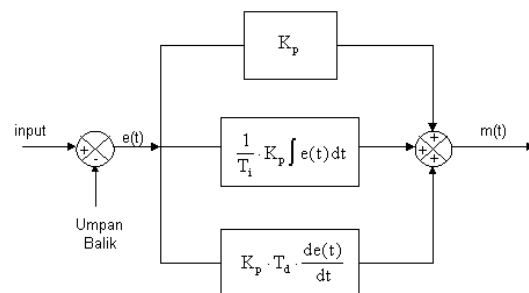
- Model sistem Boiler adalah dibentuk dalam persamaan ruang keadaan karena model sistem Boiler tersebut bermasukkan banyak dan berkeluaran banyak..
- Model pengukuran dibuat tiga buah variabel yang diukur yaitu volume air, tekanan uap dan temperatur karena ketiga variabel tersebut sangat berpengaruh pada kinerja Boiler.
- Metode tuning PID yang digunakan pada penelitian ini adalah metoda *Zigler-Nichols* dan *Decay Quarter-Ratio* karena metoda tersebut bertujuan untuk mendapatkan kinerja sistem sesuai spesifikasi perancangan [6].
- Simulasi dilakukan dengan program matlab 6.5, karena bisa langsung dilihat hasil dari step response keluaran yang diinginkan dan mudah untuk dianalisa.

- Analisa dilakukan dari pendekatan teknik kendali.

2. Metode Penelitian

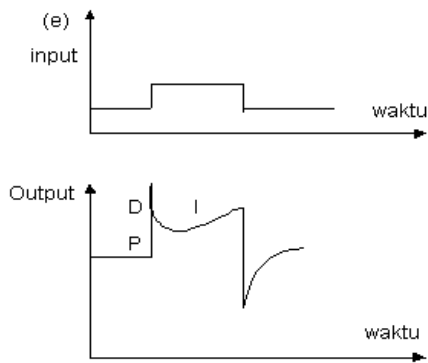
2.1. Pengendali PID

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing pengendali P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi pengendali proposional plus integral plus diferensial (Pengendali, PID). Elemen-elemen pengendali P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar [5]. Gambar 1. menunjukkan blok diagram pengendali PID.



Gambar 1. Blok diagram pengendali PID

Keluaran pengendali PID merupakan jumlahan dari keluaran pengendali proporsional, keluaran pengendali integral. Gambar 2. menunjukkan hubungan tersebut.



Gambar 2. Hubungan dalam fungsi waktu antara sinyal keluaran dengan masukan untuk pengendali PID

Karakteristik pengendali PID dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I dan D. Penyetelan konstanta K_p , T_i , dan T_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan.

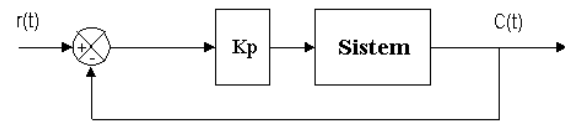
2.2. Penalaan Paramater pengendali PID

Penalaan parameter pengendali PID selalu didasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang diatur (*Plant*). Dengan demikian betapapun rumitnya suatu *plant*, perilaku *plant* tersebut harus diketahui terlebih dahulu sebelum penalaan parameter PID itu dilakukan. Karena penyusunan model matematik *plant* tidak mudah, maka dikembangkan suatu metode eksperimental. Metode ini didasarkan pada reaksi *plant* yang dikenai suatu perubahan. Dengan menggunakan metode itu model matematik perilaku *plant* tidak diperlukan lagi, karena dengan menggunakan data yang berupa kurva keluaran, penalaan pengendali PID telah dapat dilakukan. Penalaan bertujuan untuk mendapatkan kinerja sistem sesuai spesifikasi perancangan. Ogata menyatakan hal itu sebagai alat kontrol (*controller tuning*)^[6]. Dua metode pendekatan eksperimen adalah *Ziegler-Nichols* dan metode *Quarter decay*.

2.3. Metode Ziegler-Nichols (Metode Osilasi)

Ziegler-Nichols pertama kali memperkenalkan metodenya pada tahun 1942. Metode ini didasarkan pada reaksi sistem untai tertutup. *Plant* disusun serial dengan pengendali PID. Semula parameter parameter **integrator** disetel tak berhingga dan parameter **diferensial** disetel nol ($T_i = \infty$; $T_d = 0$). Parameter **proportional** kemudian dinaikkan bertahap. Mulai dari nol sampai mencapai harga yang mengakibatkan reaksi sistem berosilasi. Reaksi sistem harus berosilasi dengan magnitud

tetap (*Sustain oscillation*)^[5]. Gambar.3. menunjukkan rangkaian untai tertutup pada cara osilasi.



Gambar 3. Sistem untai tertutup dengan alat kendali proporsional

Nilai penguatan proportional pada saat sistem mencapai kondisi *sustain oscillation* disebut *ultimate gain* K_u . Periode dari *sustained oscillation* disebut *ultimate period* T_u .

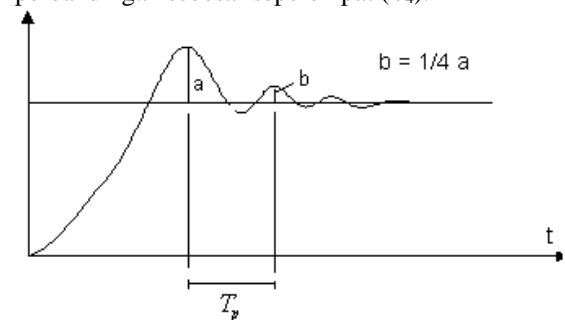
Penalaan parameter PID didasarkan terhadap kedua konstanta hasil eksperimen, K_u dan P_u . Ziegler dan Nichols menyarankan penyetelan nilai parameter K_p , T_i , dan T_d berdasarkan rumus yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penalaan paramater PID dengan metode Zigler-Nichols

Type	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_u$	\sim	0
PI	$0.45 K_u$	$0.5 P_u$	0
PID	$0.6 K_u$	$0.5 P_u$	$0.125 P_u$

2.4. Metode Quarter - decay

Karena tidak semua proses dapat mentolerir keadaan osilasi dengan amplitude tetap, *Cohen-coon* berupaya memperbaiki metode osilasi dengan menggunakan metode *quarter amplitude decay*. Tanggapan untai tertutup sistem, pada metode ini, dibuat sehingga respon berbentuk *quarter amplitude decay*^[5]. *Quarter amplitude decay* didefinisikan sebagai *respon transien* yang amplitudanya dalam periode pertama memiliki perbandingan sebesar seperempat ($1/4$).



Gambar 4. Kurva respon quarter amplitude decay

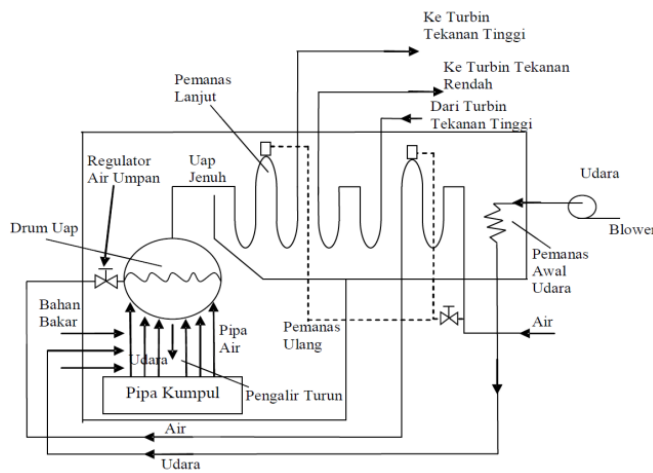
pengendali proportional K_p ditala hingga diperoleh tanggapan *quarter amplitude decay*, periode pada saat tanggapan ini disebut T_p dan parameter T_i dan T_d dihitung dari hubungan. Sedangkan penalaan parameter pengendali PID adalah sama dengan yang digunakan pada metode *Ziegler-Nichols*.

Tabel 2. Penalaan paramater PID dengan metode *Quarter Decay*

Type	Kc Prop Gain	Ti	Td
P	0.5 Kc	~	~
PI	Kc / 2.2	Tu / 1.2	~
PID	Kc / 1,7	0.5 Tu	0.125Tu

2.5. Pemodelan Boiler

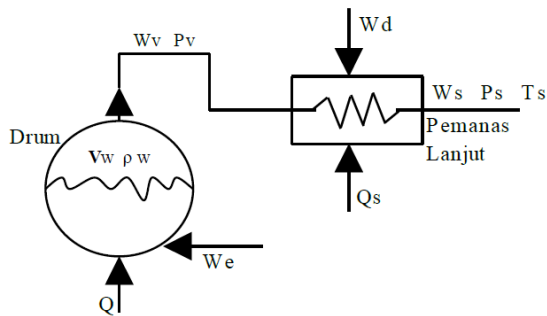
Pada pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU), Boiler dan turbin merupakan komponen yang utama. Turbin berfungsi sebagai penggerak mula alternator dengan mengubah energi dalam bentuk uap menjadi energi mekanik. Sedangkan Boiler merupakan pembangkit uap bertekanan tinggi.



Gambar 5. Bagan Diagram Alir Pembangkit Boiler

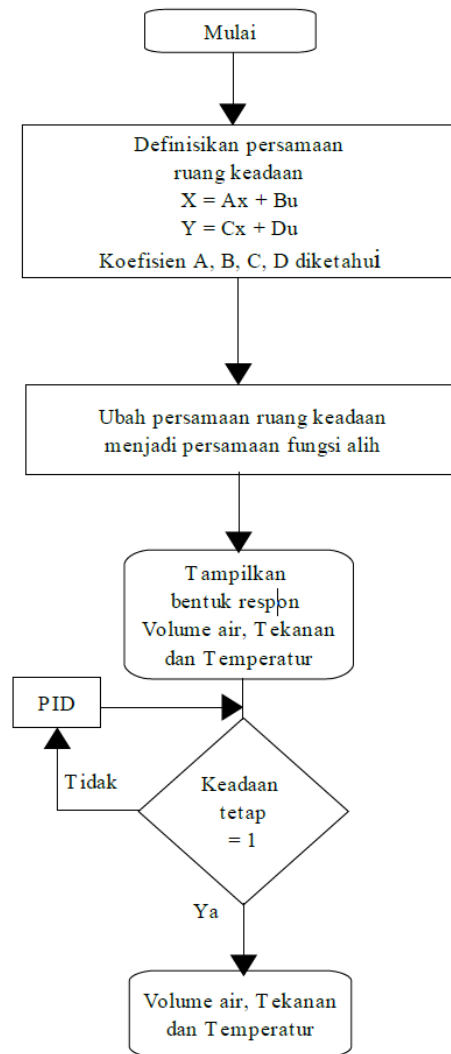
2.6. Proses Penguapan dan Pemanasan Lanjut

Kalor yang berasal dari bahan bakar digunakan untuk proses penguapan air. Pada bagian pemanas lanjut dan pendingin pemanas lanjut terjadi proses pemanasan kembali dengan menggunakan kalor yang berasal dari bahan bakar yang sama. Untuk melakukan proses penurunan suhu uap air maka air disemprotkan dari luar sebagai pengendali temperatur.



Dengan mengasumsikan bahwa volume air fasa uap air pada drum relatif kecil disbanding volume air fasa cair, sehingga perubahannya kecil pengaruhnya terhadap sistem keseluruhan [11]. Di dalam drum akan terjadi kesetimbangan antara uap dengan cairannya. Karena berada pada kondisi saturasi, maka dapat diasumsikan bahwa perubahan massa jenis air dalam drum kecil pengaruhnya

terhadap proses keseluruhan maka dapat dianggap konstan.



Gambar 6. FlowChart Analisa Boiler

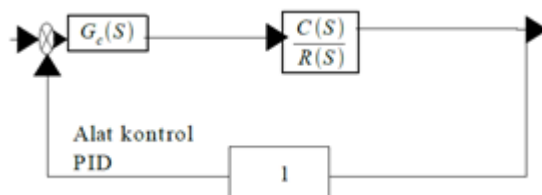
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisa menggunakan Volume air

3.1.1. Analisa Volume air dengan metode Zigler-Nichols.

Secara umum sistem tuning Boiler volume air menggunakan metode aturan *Zyger-Nicholas* sebagai berikut :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1.826 s^2 + 305.1 s^4 + 1.096.10^3 s^2 + 3.893.10^3 s^2 + 4.935.10^3 s}{s^3 + 142.1 s^4 + 3539.7 s^3 + 27166.8 s^2 + 130352.84 s + 256734.84} \quad [3.1]$$



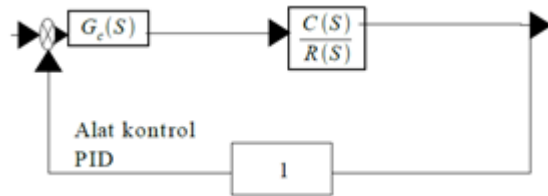
Gambar 7. Diagram blok sistem volume air dengan pengendali PID menggunakan disain aturan Zigler-Nichols.

3.1.2. Tuning PID menggunakan metoda Quarter Decay-Ratio

Tuning PID pembanding menggunakan metode Quarter Decay-Ratio dengan Rumusan :

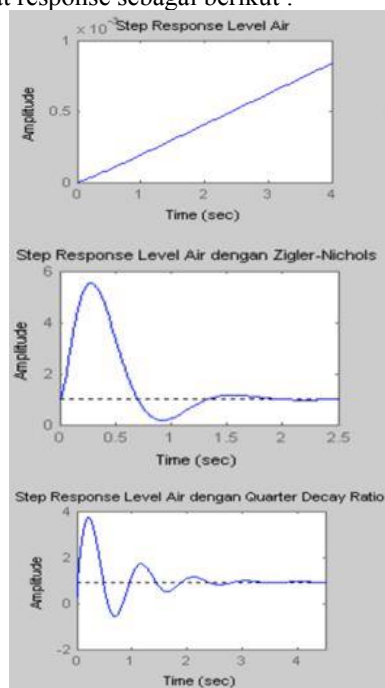
$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1,28s^5 + 230,3s^4 + 9639s^3 + 1,166.10^3s^2 + 4,815.10^3s + 6,166.10^3}{s^5 + 142,1s^4 + 3539,7s^3 + 2740s^2 + 160366,2s + 320732,4} \quad [3.2]$$

Dan blok diagramnya adalah :



Gambar 8. Diagram blok sistem volume air dengan pengendali PID menggunakan disain aturan Quarter Decoy-Ratio.

Didapat response sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik volume air sebelum dikendalikan, dikendalikan dengan zigler-nichols, dan dikendalikan dengan decay ratio

Tabel 3. Perbandingan volume air sebelum dan sesudah dikendalikan :

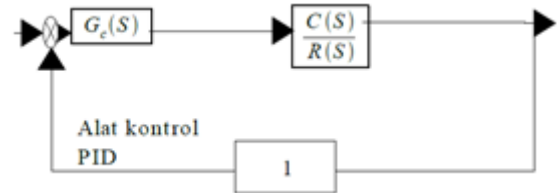
Volume Air	Rise Time	Over Shoot	Setting Time
Tanpa Pengendali	~ sec	~ %	~ sec
Zigler Nicholas	$2.57 * 10^{-6}$ sec	453 %	1.76 sec
Quarter Decay Ratio	$1.32 * 10^{-2}$ sec	306 %	3.13 sec

3.2. Analisa menggunakan Tekanan air dengan metode Zigler-Nichols dan Quarter Decay ratio

Secara umum sistem tuning Boiler tekanan air menggunakan metode aturan Zyger-Nicholas dan Quarter Decay-Ratio sebagai berikut :

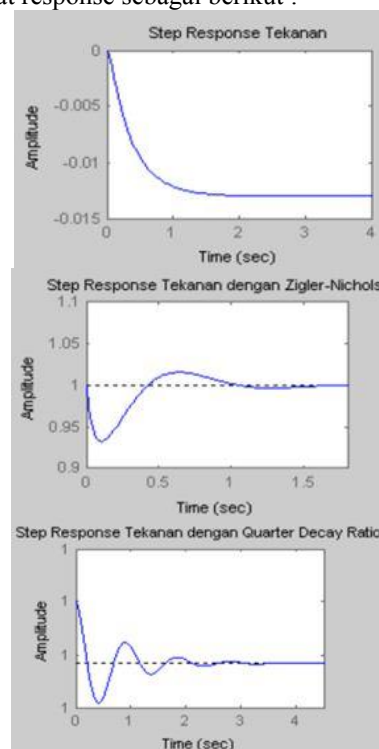
$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1,28s^5 + 230,3s^4 + 9639s^3 + 1,166.10^3s^2 + 4,815.10^3s + 6,166.10^3}{s^5 + 142,1s^4 + 3539,7s^3 + 2740s^2 + 160366,2s + 320732,4} \quad [3.3]$$

Dan blok diagramnya adalah :



Gambar 9. Diagram blok sistem tekanan air dengan pengendali PID menggunakan disain aturan Zigler-Nichols dan Quarter Decay Ratio.

Didapat response sebagai berikut :



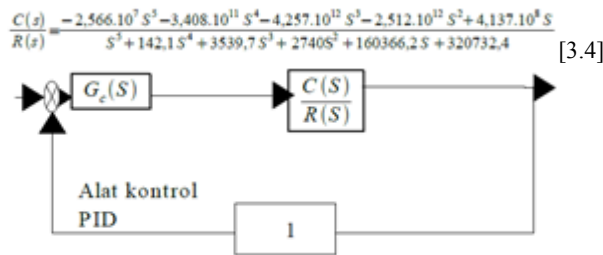
Gambar 10. Grafik Tekanan air sebelum dikendalikan, dikendalikan dengan zigler-nichols, dan dikendalikan dengan decay ratio

Tabel 4. Perbandingan Tekanan air sebelum dan sesudah dikendalikan :

Tekanan Air	Rise Time	Over Shoot	Setting Time
Tanpa Pengendali	~ sec	~ %	~ sec
Zigler Nicholas	0 sec	1.56 %	1.52 sec
Quarter Decay Ratio	0.144 sec	$1.16 * 10^{-3}$ %	2.91 sec

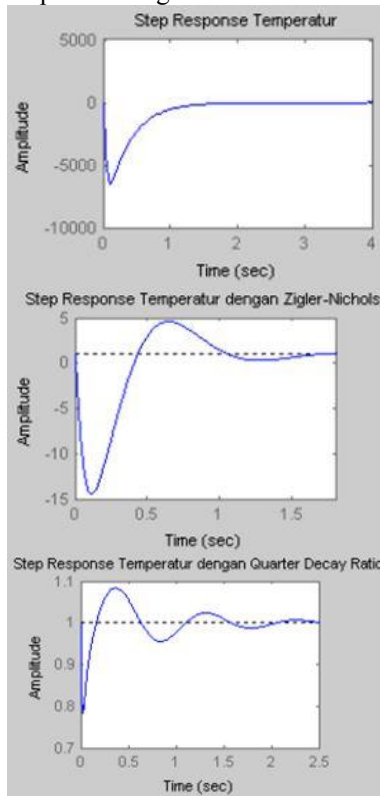
3.2. Analisa menggunakan Tekanan air dengan metode Zigler-Nichols dan Quarter Decay ratio

Secara umum sistem tuning Boiler temperature menggunakan metode aturan Zyger-Nicholas dan Quarter Decay-Ratio sebagai berikut :



Gambar 11. Diagram blok sistem temperature dengan pengendali PID menggunakan disain aturan Zigler-Nichols dan Quarter Decay Ratio.

Didapat response sebagai berikut :



Gambar 12. Grafik Temperature air sebelum dikendalikan, dikendalikan dengan zigler-nichols, dan dikendalikan dengan decay ratio

Tabel 5. Perbandingan Tekanan air sebelum dan sesudah dikendalikan :

Temperature Air	Rise Time	Over Shoot	Setting Time
Tanpa Pengendali	~ sec	~ %	~ sec
Zigler Nicholas	$2.85 \cdot 10^{-6}$ sec	1.54 %	1.53 sec
Quarter Decay Ratio	$2.41 \cdot 10^{-3}$ sec	8.4%	2.41 sec

4. Kesimpulan

1. Dari uji coba yang dilakukan pada volume air, secara simulasi menggunakan program matlab. Dengan menggunakan metode Ziegler & Nichols-lah yang cepat rise time-nya $1,32.10^{-2}$ sec untuk menuju kesetabilan system dengan setting time-nya 1,76 sec dari pada metode

Quarter Decay-Ratio dengan rise time $1,32.10^{-2}$ sec dan setting time 3,13 sec

2. Dari uji coba yang dilakukan pada tekanan, secara simulasi menggunakan program matlab. Dengan menggunakan metode Ziegler & Nichols-lah yang cepat rise time-nya 0 sec untuk menuju kesetabilan system dengan setting time-nya 1,52 sec dari pada metode Quarter Decay Ratio dengan rise time 0,144 sec dan setting time 2,91 sec .

3. Dari uji coba yang dilakukan pada temperatur, secara simulasi menggunakan program matlab. Dengan menggunakan metode Ziegler & Nichols-lah yang cepat rise timenya $2,85.10^{-6}$ sec untuk menuju kesetabilan system dengan setting time-nya 1,53 sec dari pada metode Quarter Decay Ratio dengan rise time $2,41.10^{-3}$ sec dan setting time 2,41 sec .

Daftar Acuan

- [1].Smith, A, Charles., Corripin, B, Armando. *Principles and Practice of Automatic Process Control*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1997.
- [2].Johnson, Curtis. *Process Control Instrumentation Technology*. Englewood Cliffs. New Jersey. 1988.
- [3].Ir.M.J.Djokosetyardjo. *Ketel Uap*. PT. Pradanya Paramita. Jakarta. 1993.
- [4].Giancoli, Douglas, C. *Fisika*. PT. Penerbit Erlangga. Jakarta. 1996.
- [5].Gunterus, Frans. *Falsafah Dasar : Sistem Pengendalian Proses*. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1994.
- [6].Oghata, Katsuhiko. *Modern Control Engineering*. 3rd Edition. Prentice-Hall, Inc. NJ. 1997.
- [7].Ogata, Katsuhiko. *Teknik Kontrol Automatik – terjemahan: Ir. Edi Laksono*. Erlangga. Jakarta. 1991.
- [8].Saad. Michel. A. *Termodinamika Prinsip dan Aplikasi*. PT. Prenhallindo. Jakarta. 1997.
- [9].Rameli, Mochammad, Rusdhianto E., Djoko Susilo. *Sistem Pengaturan*. Teknik Elektro - Universitas Brawijaya. Malang. 1996.
- [10].Rusli, Mohammad. *Sistem Kontrol kedua Teknik Elektro -Universitas Brawijaya*. Malang. 1997.
- [11]. Subakti. *Penerapan Filter Kalman untuk Detektor Kerusakan Instrumen Pengukuran dalam Sistem Kendali Boiler*. ITB. Bandung. 1996.
- [12].Hartono, Dwi, Wahyu, Thomas. Prasetyo, Agung. *Analisis dan Desain Sistem Kontrol dengan MATLAB*. Penerbit Andi. Yogyakarta. 2003.
- [13].Ziegler, J. G., N.B. Nichols. *Optimum Setting for Automatic Controllers*. Tans. ASME, vol. 64, pp. 759-768. 1942

